

DEUTSCHE BAUZEITUNG

MITTEILUNGEN ÜBER

ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

* * * * *

UNTER MITWIRKUNG * DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-
* * FABRIKANTEN * UND * DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS * *

VI. JAHRGANG.

No. 9.

Die Verbreiterung der Wilhelms-Brücke in Frankfurt a. M.

Vortrag, gehalten in der XII. Haupt-Versammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ zu Berlin 1909 von Stadtbdt. Kölle in Frankfurt a. M.

Die Brücke in ihrer ursprünglichen Gestalt wurde in den Jahren 1844—1848 als massive Steinbrücke aus vorzüglichem Main-Sandstein und zwar als zweigleisige Eisenbahnbrücke gebaut. Sie diente bis zum Jahre 1887 zur Einführung der Main-Neckar-Bahn in die alten Frankfurter Bahnhöfe. Nach der Erbauung des neuen Hauptbahnhofes und der Hinauslegung der Zufahrtslinie war die Brücke für die Bahnzwecke entbehrlich, wurde Ende der 80er Jahre von der Stadt übernommen und als Straßenbrücke umgebaut.

Der ursprüngliche Querschnitt ist in Abbildung 1 dargestellt. Das Gewölbe war 9,54 m breit. Die Brücke hat eine Gesamtlänge von 295 m und besitzt im ganzen 20 Öffnungen, von denen die Stromöffnungen eine Weite

bis zu 17 m haben. Die Pfeiler sind 2,68 m stark und sind auf Pfahlrost gegründet. Sie sprangen so weit vor der Brückenstirn vor, daß es möglich war, auf ihre Vorköpfe Widerlagersteine aufzusetzen und zwischen diese leichte Steinbögen für die erste Verbreiterung zu spannen. Wie Abbildung 2 zeigt, erreichte man damit insgesamt 13,3 m Breite mit 8 m Fahrbahn und beiderseitigen je 2,68 m breiten Gehwegen. Die beiden Trambahn-Gleise wurden erst später eingelegt. Obwohl die Widerlagersteine noch nach hinten bis in die Haupt-Gewölbe verankert waren, hat sich die ganze Anordnung als zu schwach erwiesen, die Bögen haben sich im Laufe der Zeit erheblich gesenkt; das Stirngemäuer zeigte in der Nähe der Kämpfer weitklaffende Risse. Die Längsansicht der verbreiterten Straßen-Brücke ist in Abbildung 3 dargestellt. Sie zeigt ein unvorteilhaftes Aussehen wegen zu geringer Scheitelstärke der Vorbögen.

In dieser Breite diente die Brücke dem Verkehre bis zur Mitte des vergangenen Jahres, obgleich sie sich infolge veränderter Verkehrs-Verhältnisse schon seit Jahren als unzureichend erwiesen hat. Ganz besonders trat dies zutage, als zur Ueberleitung des Trambahnbetriebes zwei Gleise in die Fahrbahn eingelegt werden mußten, wodurch diese nur noch für eine Wagenspur freiblieb, und durch die fortwährenden Kreuzungen mit den Trambahnwagen häufig Verkehrsstörungen eintraten.

Wir standen also vor der Aufgabe, die Brücke nochmals zu verbreitern und zwar auf das Maß von 16,5 m, abgeteilt in 10,5 m für die Fahrbahn und beiderseitige 3 m breiten Gehwege. Zur Lösung der Frage wurden die verschiedenartigsten Versuche gemacht. Als zweckmäßigste Lösung erwies sich beiderseitige Verbreiterung durch auskragende Eisenbeton-Konsolen. Erschwert wurde diese Lösung allerdings durch den Umstand, daß die von der erstmaligen Verbreiterung stammenden Vorbögen keinerlei Belastung aufnehmen konnten, und daher die Konsolen frei tragend von der Stirne der alten Gewölbe—also auf eine Länge von 3,65 m—angeordnet werden mußten. Ein weiteres Erschweren ergab sich dadurch, daß für eine Anzahl größerer Gas- und Wasserleitungen, sowie für elektrische Leitungen ausreichender Platz auf der Brücke geschaffen werden mußte. Letztere wurden auf den alten Vorbögen, die

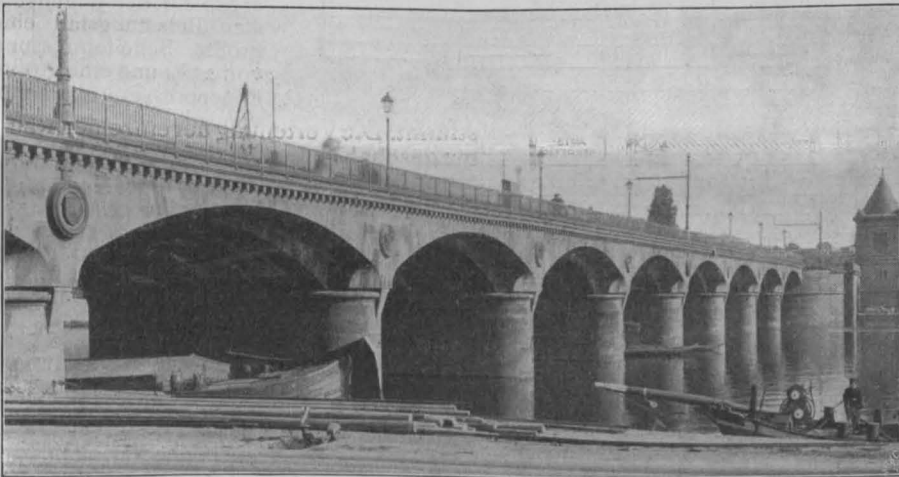


Abbildung 3. Die Wilhelms-Brücke vor der zweiten Verbreiterung.

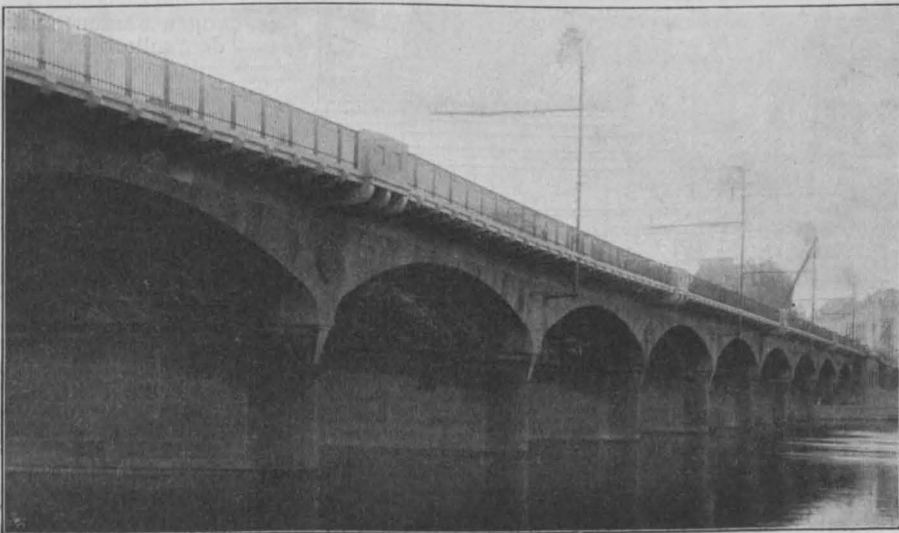


Abbildung 10. Die Wilhelms-Brücke nach der zweiten Verbreiterung 1908/09.

Rohrleitungen in die Mitte der Brücke in 3 zwischen den Straßenbahngleisen sich ergebenden Kanälen verlegt. Letztere verhinderten die Ausführung eines zusammenhängenden Querverbandes zwischen den beiderseitigen Konsolen und gestatteten nur bis etwas hinter die erste Schiene mit der Hinterkante der Konsolen zurückzugehen. Vor allem war nun Eines nötig: für die Konsolen eine möglichst große Höhe herauszubekommen. Dies wurde erreicht durch Höherlegung der gesamten Brückenfahrbahn um 0,58 m in der mittleren Wagrechten, was allerdings etwas steilere seitliche Anfahrten bedingte.

Als zweckmäßigstes Maß für den Abstand der Konsolen ergab sich über den Stromöffnungen 1,46 m, als Breite an der Stirn 26 cm, über der alten Gewölbekante (Einspannungsstelle 50 cm. Ihre Höhe beträgt im vorderen sichtbaren Teile 55 cm, an der nicht sichtbaren Einspannungsstelle 76 cm. Auf den Konsolen ruht eine 8 cm starke armierte Fußsteig-Platte, welche die Fußsteig-Plättchen trägt. Zur weiteren Verspannung sowie zur Aufnahme des Geländers ist die Platte nach außen durch eine 32 cm hohe Randeinfassung abgeschlossen. Abbildung 4 zeigt den Querschnitt der Brücke nach dem Umbau.

Behufs Vermeidung von Rissen ist in reichlichem Maße für Ausdehnungsfugen gesorgt worden, und zwar befinden sich in jeder Öffnung — je 2 m von der Pfeilerachse entfernt — zwei solcher Fugen durch den ganzen Betonkörper hindurchgehend. Auf diese Weise entstehen über jedem Bogen rund 16 m lange isolierte, 3 m breite Eisenbetonkörper, welche als Gegengewicht und Verspannungs-Träger für die Konsolen wirken (Abbildung 5). Die Kanäle für die Rohrleitungen in der Mitte der Brücken-Fahrbahn wurden mit armierten Betonplatten abgedeckt.

Zur Berechnung der Tragfähigkeit der Konsolen wurde nach den vom Ministerium der öffentlichen Arbeiten erlassenen Ausführungs-Bestimmungen für Eisenbeton als Belastungswert für die Gehwege die um 50% vermehrte Nutzlast von 500 kg/qm, also 750 kg/qm und außerdem noch dicht am Randsteinein konzentrierter Rad-Druck mit 6000 kg zugrunde gelegt. Meines Erachtens sind diese Belastungswerte viel zu hoch, sie werden in Wirklichkeit nie eintreten. Es wurde deshalb im Einverständnis mit den Regierungs-Technikern für die von der Regierung verlangte zweifache Kippsicherheit nur eine Belastung von 500 kg/qm angenommen.

Der schon geschilderte Verankerungskörper (Abbildung 5), welcher auf den alten Gewölben ruht, hat bei einer Länge von 16 m und einer Breite von 3 m an den Kämpfern rd. 1,35 m, dagegen im Scheitel nur 0,90 m Höhe.

Dadurch ergibt sich auch verschiedene Kippsicherheit zwischen den Konsolen im Scheitel und denjenigen an den Kämpfern. Für sich allein betrachtet beträgt die Kippsicherheit der Konsolen im Scheitel (ohne das Fahrbahnpflaster) nur das 1,3 fache, nach den Kämpfern zu steigt sie bis auf das Dreifache. Dadurch, daß der Verankerungskörper nun als ein zusammenhängendes Ganzes und mit der eingezeichneten Armierung zur Ausführung gebracht wurde, erhöhte sich die Kippsicherheit im Scheitel auf das 2,1 fache. Trotzdem, daß hierdurch die verlangte doppelte

Kippsicherheit erzielt ist, wurden noch die 5 mittleren Scheitel-Konsolen unmittelbar in das Gewölbe verankert, indem man die Armierungseisen in nach unten erweiterte Löcher von 40/40 cm rd. 60 cm tief in den Gewölberücken hinuntergehen ließ (Vergl. Abbildg. 6, welche die Armierung der Konsolen wiedergibt). Nach unseren Berechnungen geht die Beanspruchung der Armierungs-Eisen nicht über 1000 kg/qcm hinaus, die des Betons nicht über 40 kg/qcm.

Besondere Sorgfalt wurde auf die Ermittlung der Spannungen in den alten Gewölben und Pfeiler-Fundamenten gelegt, da durch die Aufhöhung der Brücken-Fahrbahn eine erhebliche Lastenvermehrung eingetreten ist. Die graphische Untersuchung ergab für den ungünstigsten Belastungsfall eine größte Scheitelpressung von 25 kg und eine größte Fugenpressung überhaupt von 39 kg/qcm. Die Fundament-Pressung in den Brückenpfeilern ist infolge des Umbaus von 5 kg auf 6 kg/qcm gestiegen, sie ist damit nicht größer geworden, als sie ursprünglich, d. h. z. Zt. des Eisenbahnbetriebes, war (5,98 kg/qcm).

Für den Arbeitsvorgang beim Umbau der Brücke (Abbildg. 7) war bestimmend, daß sowohl Fußgänger-Verkehr als Trambahn nicht ganz abgesperrt werden durften. Infolgedessen mußte der Umbau in 2 getrennten Hälften vollzogen werden; außerdem sollte der Verkehr auf dem Main möglichst wenig beeinträchtigt werden. Um letzterem zu entsprechen, wurde der ganze Umbau nur auf schwappenden Gerüsten ausgeführt, welche noch über die Konsolen auskragten und durch eiserne Träger und Gegengewichte getragen wurden (vergl. die Auf-

nahmen Abbildungen 8 und 9). Auf diese Weise gelang es, den Bau auszuführen, ohne daß auch nur ein Pfosten in den Fluß geschlagen werden mußte. Ein schwimmendes Hilfsgerüst, welches auf zwei Kähnen montiert war, diente zur zeitweisen Nachhilfe von der Stirnseite her und insbesondere für das Ausschalen und Bearbeiten der Konsolen.

Die fertige Brücke, welche Abbildung 10 wiedergibt, zeigt ein wesentlich besseres Aussehen als früher wegen Vermehrung der Scheitelstärke der Vorbögen.

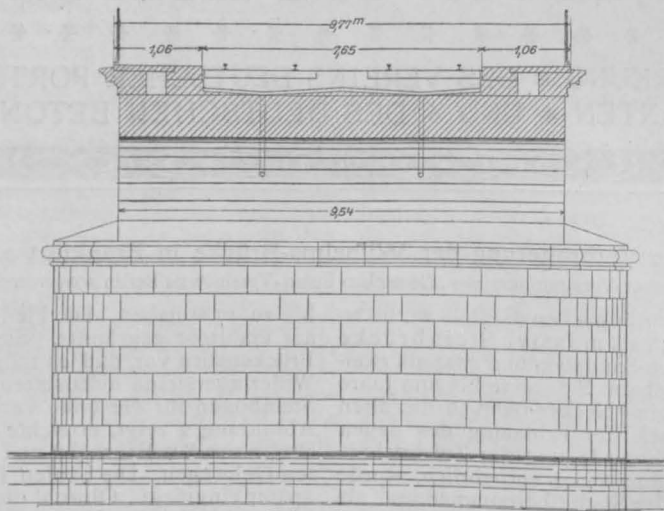


Abbildung 1. Ursprünglicher Querschnitt der Eisenbahnbrücke.

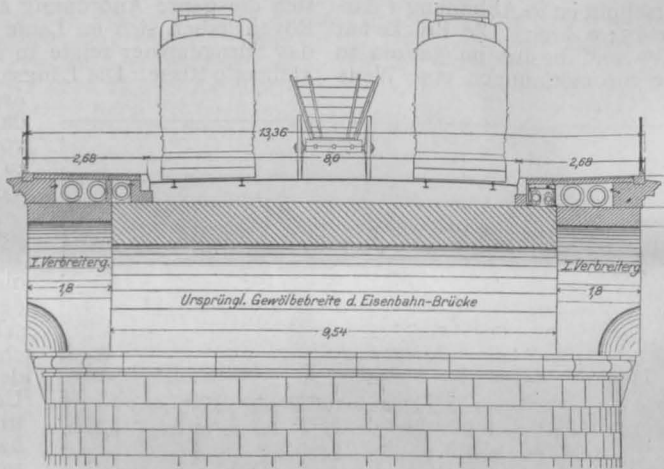


Abb. 2 Querschnitt der Straßenbrücke nach der ersten Verbreiterung 1890/91.

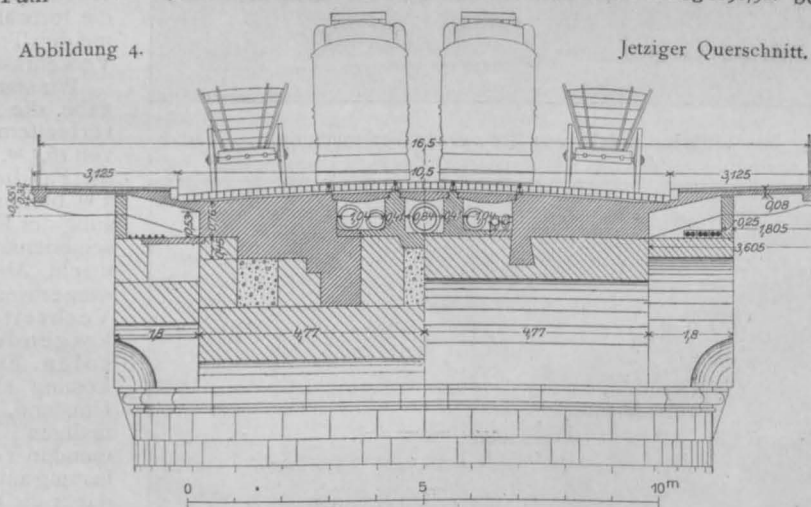


Abbildung 4.

Jetziger Querschnitt.

260 000 M., waren daher auch niedriger als bei allen anderen untersuchten Lösungen (auch derjenigen in Eisen).

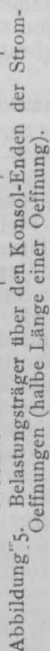


Abbildung
6,
Eisenein-
lagen der
Konsolen
über den
Strom-
öff-
nungen.

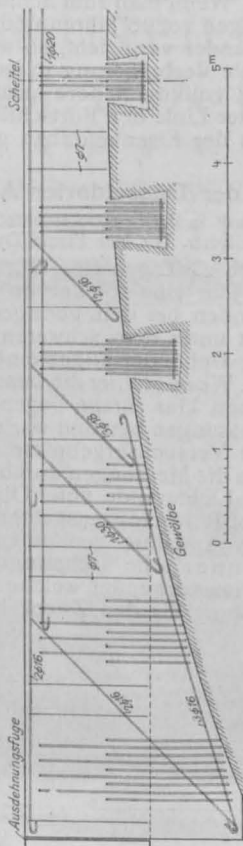


Abbildung 9. Einlegen der Eisen für Konsolen und Entlastungsträger.

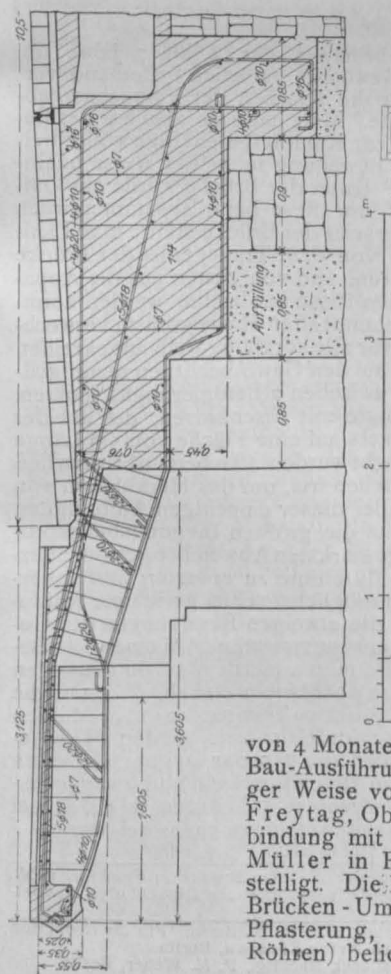
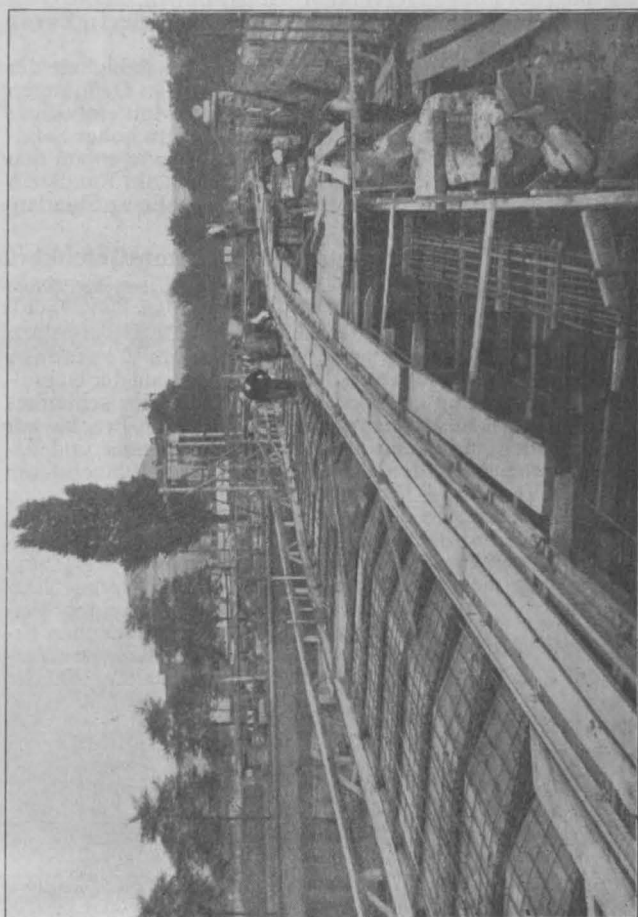


Abbildung 7. I. Baustadium bei der zweiten Verbreiterung.

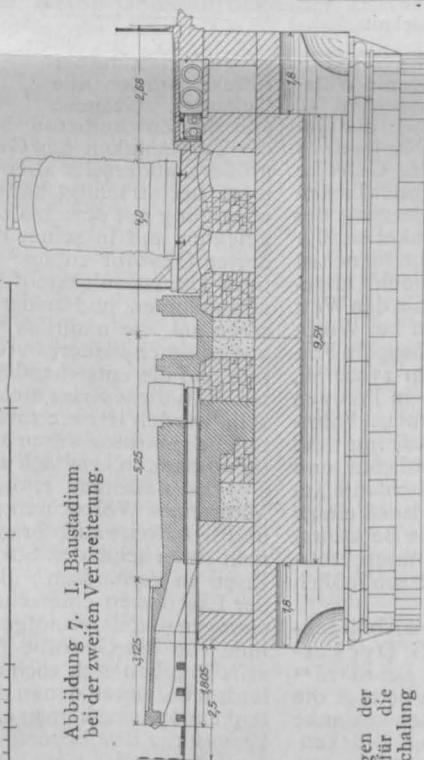
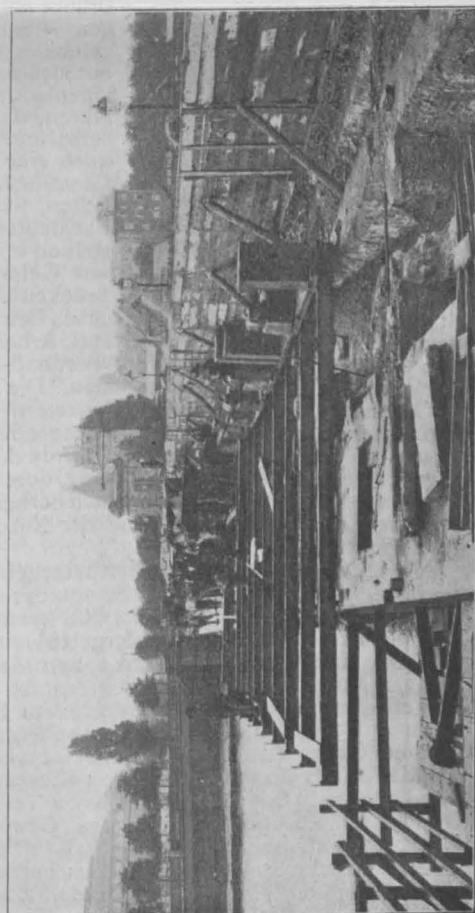


Abbildung 8. Verlegen der eisernen Rüstträger für die Unterstützung der Schalung der Konsolen.



Da jetzt die Trambahngleise in der Mitte liegen und neben denselben eine weitere Wagenspur für den Verkehr

nach jeder Richtung zur Verfügung steht, so wickelt sich der Verkehr nunmehr ohne jede Störung und Aufenthalt ab, auch der Fußgängerverkehr hat gewonnen, da die Gehwege breiter geworden sind und nun voll für diesen Zweck ausgenutzt werden können.

Um volle Gewißheit bezüglich der Tragfähigkeit der Konsolen zu erhalten, wurden in den großen Öffnungen Belastungsproben vorgenommen, und zwar mit einseitiger Belastung auf 7 Konsolenfelder mittels 90 cm hoher Sand-schüttungen was einer Verkehrslast von 1000 kg/qm auf den Gehwegen und einer Radlast von 6 t dicht am Randstein entsprach. Die Belastungsprobe dauerte volle 24 Stunden.

Belastungsprobe der Beton-Gelenkbrücke der Düsseldorfer Ausstellung 1902.

Nach den auf der XII. Haupt-Versammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ in Berlin 1909 erstatteten Berichten von Reg.-Bmstr. Weese, Direktor des Vereins in Biebrich a. Rh. und Reg.-Bmstr. Gehler, stellvertr. Dir. der Firma Dyckerhoff & Widmann in Dresden.

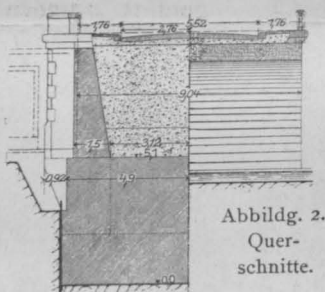
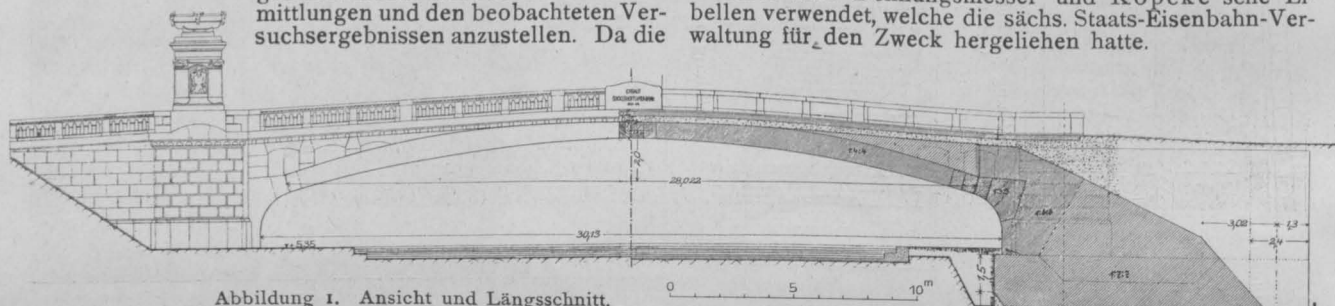
Die einen Teil der Sonder-Ausstellung des „Deutschen Beton-Vereins“ und des „Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten“ auf der Düsseldorf-Ausstellung i. J. 1902 bildende, durch ihr schlankes Pfeilverhältnis ausgezeichnete gewölbte Beton-Brücke war ursprünglich zur dauernden Erhaltung bestimmt und daher in durchaus solider Weise ausgebildet und für schweren Straßen-Verkehr — Dampfwalze von 23 t und 400 kg/qm Menschengedrange — berechnet. Infolge der Anlage des Kaiser Wilhelm-Parkes auf dem ehemaligen Ausstellungsgelände muß die Brücke jedoch weichen und es bot sich daher hier die seltene Gelegenheit, ein größeres Nutzbauwerk bis zum Bruche zu belasten und so einen Vergleich zwischen den rechnerischen Ermittlungen und den beobachteten Versuchsergebnissen anzustellen. Da die

Die Durchbiegung der Konsolen wurde an vier Stellen mittels besonderer konstruierter Biegemesser, welche noch die Ablesung von $1/50\text{ mm}$ gestatteten gemessen. Die größte Durchbiegung betrug $1,6\text{ mm}$. Dieselbe verschwand aber nach Entfernung der Belastung vollständig.

Wenn man zum Schluß die beiden Brücken-Verbreiterungen vor 20 Jahren und die vom vergangenen Jahre mit einander vergleicht, so wird man sagen müssen, daß die letzte Verbreiterung in jeder Hinsicht als die gelungenere und vollkommenere anzusehen ist, ein Erfolg, den wir in erster Linie den Fortschritten zu verdanken haben, welche uns der Eisenbetonbau gebracht hat. —

nach 28 Tagen eine Würfelfestigkeit von 254 kg/qcm, nach 1/2 Jahr eine solche von 278 kg/qcm. Die Kämpfer-Steine standen bei dem geringen Pfeilverhältnis unter der Nutzlast unter dem schweren Druck von 200 t/m.

Ueber den allgemeinen Verlauf der Belastung berichtet Hr. Weese, über die besonderen Ergebnisse, soweit diese schon klar zutage liegen, Hr. Gehler, der auch bei den Messungen beteiligt war und dem die ganze Verarbeitung der Versuchsergebnisse übertragen ist. Im übrigen wurden die Messungen durch das kgl. Material-Prüfungsamt in Gr.-Lichterfelde unter Oberleitung des Hrn. Geh. Reg.-Rat Prof. Rudeloff ausgeführt. Es wurden zu den Beobachtungen Apparate genannter Anstalt, anderseits Fränkel-Leuner'sche Dehnungsmesser und Köpcke'sche Libellen verwendet, welche die sächs. Staats-Eisenbahn-Verwaltung für den Zweck hergeliehen hatte.



Brücke als Dreigelenkbogen — mit Granit-Wälzgelenken — ausgeführt ist, bot sich zugleich die Gelegenheit, den Nachweis zu führen, daß die Gelenke selbst unter großen Lasten noch eine Bewegung der Gewölbeschenkel ermöglichen, was von manchen Fachleuten noch abgestritten wird, die den Wert von Gelenken bei Wölbbrücken überhaupt in Fra-

Vor Belastung der Brücke wurden die Geländer, Gesimse

und der Zwickelbeton beseitigt, der, 6 bis 7 Jahre alt, die Tragfähigkeit des Gewölbes natürlich bedeutend vergrößert, andererseits aber die Klarheit der Versuchsergebnisse beeinträchtigt hätte. Man hatte es also bei der Beobachtung mit dem bis zur Kämpfergelenkfluge völlig freigelegten und in seiner Bewegung in keiner Weise behinderten Gewölbe zu tun. Unter der Brücke wurde ein kräftiges Gerüst aufgestellt, um diese beim Zusammenbruch aufzunehmen, und beiderseits der Brücke stellte man Laufstege auf, die natürlich von dem Tragegerüst der Brücke vollkommen isoliert waren, und von denen aus die Apparate und die entstehenden Risse beobachtet werden konnten. Um diese Risse nicht mit alten Haarrissen zu verwechseln, wurden letztere zuvor alle sorgfältig weiß angekreidet. Solche Haarrisse waren auf den Gewölbesternen mannigfaltig vorhanden, vielfach zwischen 2 Betonierungsschichten

folgte auf eine Fläche von 5 m Länge
nach wurden. (An beiden Stürnen ließ
treifen frei, um das Herabfallen von
Bei dieser einseitigen Aufbringung
eits die größten Biegungsbeanspru-
ge stärksten Abweichungen der Stütz-
-Mittellinie zu erwarten und ander-
möglichst schief gerichtete Kämp-
die etwaigen Bewegungen der Ge-
erkennen waren. Auf eine volle Be-
ste man außerdem schon deswegen
on vornherein einsah, daß, um die
Bruch zu bringen, zu große Massen
erforderlich sein würden. Die Be-
ufen von 75 000 kg aufgebracht, dann
an den Apparaten und zwar jedes-
von je 5 Minuten, bis sich bei
ne Bewegungen mehr zeigten. —
(Schluß folgt.)

Inhalt: Die Verbreiterung der Wilhelms-Brücke in Frankfurt a. M., — Belastungsprobe der Beton-Gelenkbrücke der Düsseldorfer Ausstellung 1902. —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion
verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin.
Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin.